

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

MODERNÍ TRENDY VE VÝROBĚ VSTŘIKOVACÍCH LISŮ

MODERN TRENDS IN MANUFACTURE OF INJECTION MOULDING MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAROSLAV DVOŘÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. BRONISLAV FOLLER, PH.D.

BRNO 2008

Abstrakt:

Cílem této bakalářské práce je porovnat modernější elektrický a klasický hydraulický stroj, rozdíly v jejich pohonu, uzavíracích jednotkách a vstřikovacích jednotkách. Porovnat stroje několika výrobců a to z hlediska konstrukce, modularity a procesního řízení. Také bych chtěl poukázat na změny ve výrobě v historických souvislostech výroby vstřikovacích lisů.

Klíčová slova: vstřikovací lis, plasty, Arburg , Babyplast, Battenfeld, Demag, Engel, Fanuc, Invera, Krauss Maffei, Negri Bossi, Toshiba

Abstract:

The intention of this bachelor's thesis is compare more modern electrical machine and classic hydraulic machine, difference of theirs gearings, clamping unit and injection unit. Compare machines from some producers on the part of construction, modularity and process. Also I want point out that change in production on the part history of production of injection molding machines.

Key words: injection mould machine, plastics, Arburg , Babyplast, Battenfeld, Demag, Engel, Fanuc, Invera, Krauss Maffei, Negri Bossi, Toshiba

Bibliografická citace:

DVOŘÁK, J. *Moderní trendy ve výrobě vstřikovacích lisů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 28 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Bronislav Foller, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci *Moderní trendy ve výrobě vstřikovacích lisů* jsem vypracoval a napsal samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Bronislava Follera, Ph.D a uvedl v seznamu všechny zdroje.

Jaroslav Dvořák

V Brně dne 20. května 2008

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Bronislavu Follerovi, Ph.D. za poskytnuté rady a připomínky k této práci. A v neposlední řadě děkuji svým rodičům za poskytnuté technické a finanční zázemí.

Obsah:

Abstrakt:	- 1 -
Abstract:	- 1 -
Čestné prohlášení	- 3 -
Poděkování	- 5 -
Obsah:	- 7 -
1. Úvod	- 8 -
2. Historie vstřikovacích lisů	- 9 -
3. Obecně	- 10 -
3.1. Co je to vstřikovací lis?	- 10 -
3.1.1. Lis	- 10 -
3.1.2. Vstřikovací jednotka	- 10 -
3.2. Princip práce vstřikovacího lisu:	- 11 -
3.3. Forma	- 12 -
3.4. Jaké materiály se používají na vstřikovacích lisech?	- 12 -
3.4.1. Obecně	- 12 -
3.4.2. Moderní problémy s materiály	- 13 -
3.5. Velikost a použití výrobků	- 14 -
3.6. Odběr hotových dílů	- 14 -
3.6.1. Ručně	- 14 -
3.6.2. Bez odběru	- 14 -
3.6.3. S oddělovačem vtoku	- 15 -
3.6.4. Pomocí robota	- 15 -
3.7. Řídící systémy	- 15 -
3.8. Vstřikovací lis v číslech	- 16 -
3.8.1. Vstřikovací jednotka	- 16 -
3.8.2. Uzavírací jednotka	- 16 -
3.8.3. Hydraulický obvod	- 16 -
3.8.4. Elektrický obvod	- 16 -
3.8.5. Ostatní data	- 17 -
4. Porovnání elektrického a hydraulického stroje	- 18 -
4.1. Hybridní vstřikovací lisy	- 18 -
4.2. Elektrické vstřikovací lisy	- 18 -
4.3. Porovnání elektrického a hydraulického stroje	- 18 -
4.3.1. konstrukčně	- 18 -
4.3.2. funkčně	- 18 -
4.3.3. číselně	- 19 -
5. Porovnání strojů několika výrobců	- 20 -
5.1. Arburg (Německo)	- 20 -
5.2. Babyplast (Itálie)	- 21 -
5.3. Battenfeld (Rakousko)	- 21 -
5.4. Demag (Německo)	- 22 -
5.5. Engel (Rakousko)	- 22 -
5.6. Fanuc (Japonsko)	- 23 -
5.7. Invera (Česká republika)	- 23 -
5.8. Krauss Maffei (Německo)	- 24 -
5.9. Negri Bossi (Itálie)	- 24 -
5.10. Toshiba (Japonsko)	- 25 -
6. Závěr	- 26 -

1. Úvod

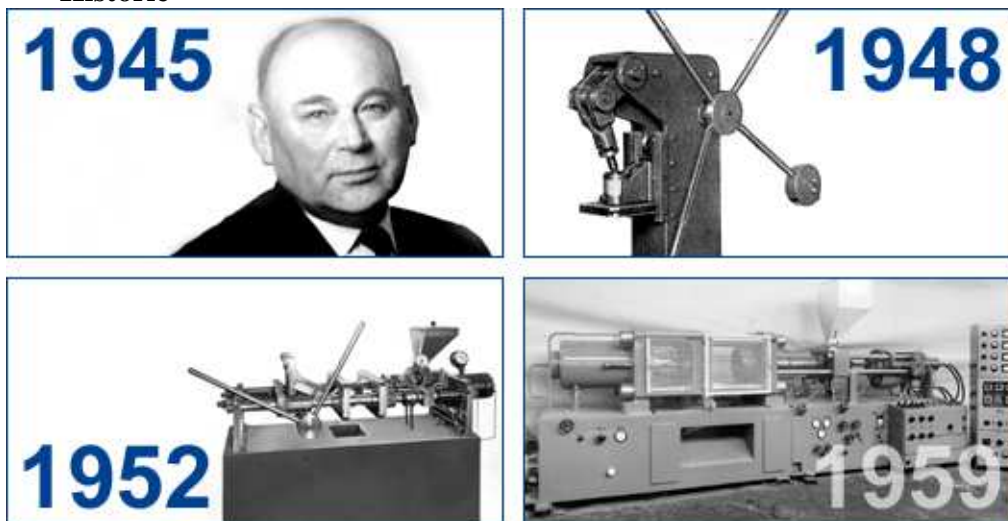
V posledních letech zaznamenává plastikářský průmysl velký vzrůst. Zapříčiňují to materiály, ale také stroje, které dokáží dodat těmto materiálům tvar.

V dnešní době jsme obklopeni plastovými výrobky. Pod pojmem plast se skrývá široké množství materiálů s různými vlastnostmi. Mohou nahrazovat dřevěné i kovové materiály, oproti nimž jsou lehčí a mnohdy i levnější. Většina výrobků z plastu je vyráběna pomocí vstřikovacích lisů. Tyto stroje se také specializují na určité materiály a na určité výrobky a to nejen podle velikosti, ale také podle tvarové složitosti odlitku a tloušťky jeho stěn. Co se týče konstrukce vstřikovacích lisů je patrné, že existuje několik modelových strojů, ze kterých výrobci vycházejí, přesto má každý výrobce nějaká specifická řešení.

2. Historie vstřikovacích lisů

Snad nejstarší lis na plasty vznikl kolem roku 1947. Prvními výrobci byli firmy, které dodnes fungují jako výrobci vstřikovacích lisů (Negri Bossi - Itálie, Engel - Rakousko, Battenfeld - Rakousko a další...). První skutečný vstřikolis vznikl v podstatě vzápětí, Například společnost Engel uvádí rok 1952, ale pravděpodobně to nebyl první stroj. Negri Bossi a Battenfeld to uvádějí společně se vznikem firmy 1947 a 1948, ale patrně se jednalo pouze o lisy. Další velká změna nastala v roce 1990, kdy firma Engel vyrobila první stroj bez vodících tyčí a nakonec 1. celoelektrický stroj vyrobila firma Engel v roce 1998. Negri Bossi ho vyrobili až v roce 2001. Za dobu existence lisů se na něm mnoho zásadního nezměnilo, pouze přibyl počítač, který zjednodušil práci obsluhy a zjemnila se práce stroje. Více změn je patrných na vstřikovací jednotce, ale většina z nich by se dala nazvat pouze doladováním. Přes tuto skutečnost existuje dnes celá řada výrobců těchto strojů a každý výrobce přinese do výroby něco svého.

Obr 1.: Historie



Na fotografii je Ludwig Engel a na obrázcích první stroje jeho společnosti Engel

3. Obecně

3.1. Co je to vstřikovací lis?

Vstřikovací lis je stroj, na kterém jsou 2 hlavní prvky

3.1.1. Lis

K uzavírání a otevírání formy se používá lis, který můžeme rozdělit

a) podle pohonu lisu zpravidla

- hydraulický
- elektrický

Převážně se používá stejný pohon jako u vstřikovací jednotky, ale není to nezbytně nutné. Hybridní stroje jsou stroje s kombinací těchto pohonů a u některých elektrických strojů je používán dokonce hydraulický pouze vyražec.

b) podle typu uzavírání

- horizontální
- vertikální

Určuje ho směr pohybu pohyblivé desky. Neovlivňuje polohu vstřikovací jednotky, například u vícekomponentního vstřikování se většinou používá jedna jednotka horizontální a druhá vertikální.

c) podle počtu desek

- dvoudeskový
- třídесkový

Nejběžněji se používají tři desky, kde je čelní deska pevná, zadní je pohyblivá a určuje tak velikost formy a prostřední je pohyblivá a otevírá a uzavírá formu. U dvoudeskového systému je funkce zadní a pohyblivé desky spojena do jedné a pákový mechanismus je nahrazen pístem.

d) podle počtu vodících tyčí

- čtyři vodící tyče
- dvě vodící tyče
- bez vodících tyčí

Standardně se používají čtyři vodící tyče, které jsou v rozích desek a vymezují jejich přesný pohyb a polohu. U menších strojů se občas používají dvě tyče po stranách. Systém bez tyčí se zřídka objevuje u malých vertikálních strojů a firma Engel vyrábí horizontální stroje bez vodících tyčí. Tento systém je zajímavý hlavně z hlediska upevňování formy, případně vyjímání hotových dílů, ale je samozřejmě limitován velikostí stroje, protože u větších strojů je obtížné zabránit deformacím pohyblivé desky.

3.1.2. Vstřikovací jednotka

Druhým nezbytným prvkem je vstřikovací jednotka, jichž na stroji může být i více. Důležitou součástí vstřikovací jednotky je šnek, který dopravuje tavící se granulát a nakonec tekutý plast do formy. Na každý materiál je vhodný šnek s jinou geometrií. Vstřikovací jednotky můžeme rozdělit

a) podle pozice

- do středu pevné desky
- shora do dělicí roviny
- zboku do dělicí roviny

Pokud je jedna vstřikovací jednotka, většinou je volena do středu pevné desky, ale občas se používají do dělicí roviny a to převážně u vertikálních strojů. Pokud máme větší počet vstřikovacích jednotek, je pozice druhé volena většinou shora a třetí se připojuje zboku.

b) podle polohy

- horizontální
- vertikální

horizontální je běžnější a to i u vertikálních lisů. Nevšiml jsem si horizontálního stroje s vertikální vstřikovací jednotkou.

c) podle pohonu

- hydraulická
- elektrická

U hydraulické je k pohonu šneku použit hydromotor, u elektrické je šnek poháněn servomotorem.

d) Podle typu

- jednotka je součástí stroje
- speciální

Standardně jsou jednotky součástí stroje, a to i u vícekomponentních strojů, ale jako příklad speciální jednotky bych uvedl přídatnou jednotku babyplast, která je zvláštní hned několika způsoby. Je dodávána samostatně a lze ji připojit k jakémukoli stroji. Tato jednotka šnek.

Pohony a polohy se používají u lisu a vstřikovací jednotky stejné. Neznamená to, že na hydraulickém lisu musí být hydraulická vstřikovací jednotka, nebo že na horizontálním lisu musí být horizontální vstřikovací jednotka. O hybridních lisech, které mají použity kombinace elektrických a hydraulických prvků se zmiňuji v kapitole 2.1. Příkladem horizontálního lisu a vertikální vstřikovací jednotky je nejlépe stroj se dvěma vstřikovacími jednotkami, kde je 2. jednotka zpravidla vertikální, nebo některé typy vertikálních strojů, které mají vstřikovací jednotku vedenou do dělicí roviny.

3.2. Princip práce vstřikovacího lisu:

Plastový granulát se nasype do násypky vstřikovacího lisu. Toto může být zajištěno podavačem. Z násypky se postupně sype do komory, z níž je plastifikačním šnekem tlačěn do válce. V tomto válci se granulát ohřívá a taví. Roztavený plast je potom veden do trysky, z které je vstřikován pod tlakem do formy. Následně se forma ochladí pomocí rozvodu chlazení, které je součástí formy a ztuhne. Následně se forma otevře se a výlisek se vyhazuje, popřípadě vyjme pomocí robota. Celý cyklus se opakuje stále dokola.

Obr 2.: Schéma vstřikolisu

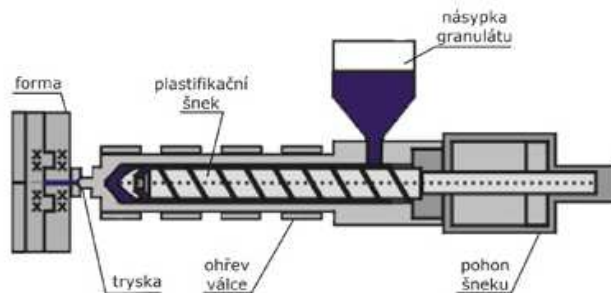


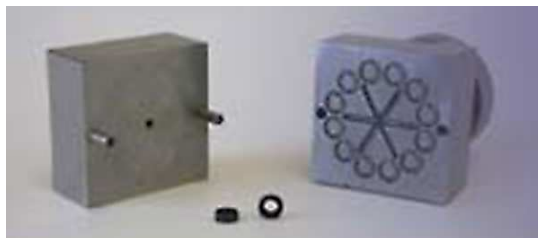
Schéma vstřikovacího lisu

3.3. Forma

Vstřikovací formy se používají jednonásobné nebo vícenásobné. Jejich konstrukce závisí na složitosti výrobku. Velikost a násobnost formy, počet otisků dílů, které jsou vyrobeny při jednom zdvihu formy. Vycházejí z požadavku na budoucí výlisek a na požadovaný objem výroby. Zvyšováním počtu otisků roste kapacita výroby a klesá cena výrobku.

Součástí formy je rozvod chlazení, který zajišťuje rovnoměrné chladnutí výrobku. Rozvod chlazení musí být zkonstruován na míru vyráběné součásti, buď je vyroben jako nedílná součást formy, nebo se vyrábí také jako „stavebnice“. Součástí formy je také vtoková soustava, která může být nahrazena vyhřívaným vtokovým systémem. Takzvané horké vtoky mají výhodu v tom, že ušetří materiál, který by ztuhl, jako vtoková soustava. Také nemusí vyjíždět vstřikovací jednotka, takže urychlí vstřikovací cyklus. Nevýhodou je snad pouze cena.

Obr 3.: Forma



Příklad vícenásobné formy na podložky

3.4. Jaké materiály se používají na vstřikovacích lisech?

3.4.1. Obecně

Touto metodou je možné zpracovávat většinu dnes používaných plastů, silikonů a pryží. Občas se do formy vkládají i kovové součásti, které se pak zalijí plastem, nebo se na nich vytváří například těsnění.

Obr 4.: Zástrčka



Příkladem zalitého kovu je zástrčka

Také je možné vyrábět díly s několika barvami, a nebo dokonce s několika druhy plastu. Na to stačí stroje se dvěma a více vstřikovacími jednotkami, které má v nabídce většina firem na trhu. Vstřikovací jednotky mohou být součástí stroje nebo dokonce úplně zvlášť. Takové přídatné vstřikovací jednotky (obr 3.) lze připojit k jakémukoli stroji.

Obr 5.: Vstřikovací jednotka



Přídavná vstřikovací jednotka Babyplast 6/10 UAI

Některé součásti se vyrábějí duté, buď kvůli nižší hmotnosti, lepší pevnosti nebo jenom potřebujeme vytvořit skořepinu. Tuto dutinu vytvoříme tak, že po vstříknutí určitého množství plastu natlačíme do formy tryskou plyn či vodu a tím se plast uvnitř nafoukne jako bublina a vtlačí tak materiál do celé formy. Příkladem výrobků mohou být PET lahve, nebo zpětná zrcátka automobilu.

3.4.2. Moderní problémy s materiály

Známým problémem plastikářského průmyslu je ekologie, plasty se nerozpadají, popřípadě rozpadají na toxický odpad. V posledních letech se poměrně značné množství společností zabývá otázkou ekologických plastů na bázi organických látek. Jako jejich hlavní rozdíly oproti klasickým polymerům bych uvedl:

- **Jsou ekologicky zničitelné, nebo se rozpadají na netoxické části**

Při pohledu na běžnou skládku objevíte spoustu druhů plastů. Jejich hlavním problémem je, že se rozpadají pomalu a nakonec po nich zůstane odpad nebezpečný pro životní prostředí. Tento problém by měl u organických plastů zmizet.

- **Jsou převážně z obnovitelných zdrojů**

V posledních letech si lidé uvědomují, že zásoby ropy jednou dojdou, proto se to snaží oddálit a šetřit se zdroji.

- **Jsou levnější**

Toto souvisí z obnovitelnými zdroji, protože ceny klasických ropných plastů se neustále zvyšují.

Jako příklad bych uvedl WPC (wood plastic composites), což jsou polymery na bázi PE, PP plněné dřevěnými vlákny nebo dřevěnou moučkou (až 70% – 80%).

Jestli jsou uvedené rozdíly výhodou nebo nevýhodou, záleží na použití ekologických plastů a jejich ceně. Ta bude asi největší otázkou, protože ceny běžných plastů rostou s cenou ropy a je jen otázka, kdy překonají únosnou mez.

3.5. Velikost a použití výrobků

Věci vyrobené na vstřikovacím lisu jsou dnes úplně všude a jsou různých velikostí od nanosítek miniaturních rozměrů, které se používají v laboratořích, až po kryt chladiče kamiónu. Samozřejmě nelze všechny tyto součásti vyrábět na jednom stroji. Zatímco u krytu chladiče se schová i několika milimetrová nepřesnost, u nanosítka je vyloučena i desetina milimetru. Také součást o největším rozměru 0,5 cm nebudeme vyrábět na stroji s roztečí vodících tyčí 3 metry. Velikosti strojů jsou tedy různé. Samozřejmě s různým tlakem lisu a i různými vstřikovacími jednotkami. Většinou se k určitému typu součástí volí optimální stroj, velmi často přímo na míru výrobku. Hlavním odběratelem plastových výrobků je automobilový průmysl. V moderním voze nás obklopují plasty skutečně ze všech stran. Slouží převážně jako estetické doplňky, ale nejsou jen v interiéru. Při pozorném prozkoumání exteriéru zjistíme, že nárazníky, zpětná zrcátka, maska a další části jsou také z plastu. Plasty dokonce zakrývají i motor. Při jejich zkoumání zjistíme, že jsou všech různých rozměrů, barev a tvarů. To je také důvod, proč byl plast vybrán jako materiál pro jejich výrobu. Plast se totiž nejjednodušeji barví a tvaruje. Samozřejmě automobilový průmysl není jediným odběratelem plastu. Dalšími velkými spotřebiteli jsou například potravinářský průmysl, obalové materiály a mnoho dalších průmyslových odvětví. Výzkum plastů, silikonů a pryže vykazuje spoustu zajímavých výsledků. Jedná se o materiály s různými vlastnostmi. Mnohdy jsou překvapivě pevné, na rozdíl od kovu nepodléhají korozi a nenechají se pomačkat. Díky těmto výhodám je dnes skutečně člověk vidí úplně všude a velmi často si ani neuvedomí, že jsou to díly, které byly vytvořeny pomocí vstřikovacího lisu.

3.6. Odběr hotových dílů

Pokud máme navržený lis, formu a chlazení, zbývá jen dořešit, jak budeme odebírat hotové součásti. Tento problém má v dnešní době také spoustu řešení. Pokusím se Vám některé z nich přiblížit.

3.6.1. Ručně

Postavíme k lisu člověka, který bude díly odebírat. To je drahé a neefektivní.

3.6.2. Bez odběru

U jednodušších výrobků se k odběru hotových dílů využívá gravitace. Jednoduše se nechají spadnout do připravené krabice, popřípadě se pod formu jako jednoduchý dopravník vloží nakloněná rovina. Dokonce i ta může být na

bázi robota. U jednoho lisu jsem viděl jakousi houpačku. Pokud byl vyroben neshodný kus, houpačka se překlápěla na druhou stranu. Neshodný kus stroj poznal podle odlišnosti použité vstřikovací síly a množství vstříknutého materiálu oproti zadanému standardu.

3.6.3. S oddělovačem vtoku

Jedná-li se o vícenásobnou formu, vkládá se vyrobenému dílu do cesty oddělovač vtoku. Může se jednat o šroubovici, která nechá propadnout součástí pod sebou a vtok přesune do další krabice.

3.6.4. Pomocí robota

Jedná-li se o křehčí součásti, pro které je zapotřebí jemnější přístup, nebo máme v úmyslu díly nějakým způsobem poskládat, použijeme k odebrání pravděpodobně robota. Robot je sice nákladnější, ale může mít spoustu dalších schopností, například:

- výrobky porovnat, ať už kelímky do sloupců nebo skládat výrobky do papírové bedny
- balit výrobky po určitém počtu kusů
- kontrolovat jakost výrobku
- hotové díly instalovat na jinou součást

Samozřejmě těchto možností je mnohem více. Může se jednat o mechanické paže různé složitosti, nebo o jednoduché podavače, například s přísavkami.

3.7. Řídící systémy

Každý výrobce používá svůj vlastní řídicí systém stroje. Z toho vyplývá, že je to velmi často největší rozdíl mezi výrobci. Například Arburg se chlubí, že jejich systém, je vyráběn přímo pro vstřikolisy, zatímco ostatní firmy používají systémy pro CNC stroje, které upravují pro potřeby vstřikolisů. U čínských strojů bývají řídicí systémy jejich slabší stránkou a často končí jejich doladování nainstalováním operačního systému jiné firmy.

Dále bych zmínil, jak takový systém vypadá a co dokáže. U vstřikovacího procesu platí pro všechny aplikace stejný princip a tím je bezpečné zkombinování všech článků cyklu. Tento systém většinou obsahuje možnosti grafického programování, pomocí symbolů a logické, selektivní ovládání. To umožňuje zadávat, ale i kontrolovat data ohledně procesu. Díky tomu můžeme měnit parametry vstřikování, například zadávání množství vstřikovaného materiálu, nastavení vstřikovací rychlosti a teploty plastifikačního válce. Některé systémy poznají samy neshodný díl a upozorní na něj, popřípadě vyšlou signál do připojeného robota. Většina výrobců doplňuje funkce o paměť. To umožňuje zaznamenávat, kdo kdy na stroji provedl změny parametrů a v případě porušení formy najít viníka. Každý systém má také možnosti zapojení dalších zařízení, například robota, nebo vyhřívané vtoky.

Obr 6.: Řídící systémy



Příklad řídicích systémů firem Engel, Battenfeld, Demag a Arburg

3.8. Vstřikovací lis v číslech

Vstřikovací lis můžeme charakterizovat několika čísly, které souvisejí s lisem, vstřikovací jednotkou, hydraulikou stroje, elektrickým zařízením a ostatními důležitými daty.

3.8.1. Vstřikovací jednotka

Průměr šneku [mm]
Teoretický vstřikový objem [cm³]
Gramáž vstřiku [g]
Kapacita plastifikační jednotky [kg/hod]
Kapacita vstřiku do volného prostoru [cm³/s]
Maximální vstřikovací tlak [kg/cm²]
Otáčky šneku [ot/min]
Krouticí moment [kg/m]
Zdvih přísunu [mm]
Přísunová síla [t]

3.8.2. Uzavírací jednotka

Uzavírací síla [t, kN]
Přidržovací síla [t, kN]
Maximální zdvih pohyblivé desky [mm]
Maximální výška formy [mm]
Minimální výška formy [mm]
Maximální otevření [mm]
Vnější rozměr upínacích desek [mm]
Průchod mezi sloupy [mm]
Vyrážecí síla [t, kN]
Zdvih vyrážení [mm]
Rychlost vyrážече [úderů/min]

3.8.3. Hydraulický obvod

Systémový hydraulický tlak [kg/cm²]
Obsah olejové nádrže [l]

3.8.4. Elektrický obvod

Příkon motoru čerpadla [kW]

Počet topných zón [ks]
Příkon topení [kW]

3.8.5. **Ostatní data**

Rozměry stroje ($D \times \check{S} \times V$) [m]
Celková hmotnost stroje [kg]
Maximální objem materiálu v násypce [kg]

4. Porovnání elektrického a hydraulického stroje

4.1. Hybridní vstřikovací lisy

Stroje, používající přímé elektrické pohony v kombinaci s hydraulickým pohonem, se nazývají hybridní. Nejčastěji využívají servomotor pro pohon šneku prostřednictvím převodovky či ozubeného řemene. Pomocí tohoto pohonu se dávkuje materiál paralelně k ostatním pohybům stroje, což umožňuje zplastifikovat dostatečné množství materiálu při krátkých časech cyklu. Hybridní vstřikovací lisy se tedy používají zejména pro výrobu obalovin anebo rozměrných výlisků při relativně velkých vstřikovaných množstvích hmoty. Elektrický pohon je zároveň šetrnější na spotřebu elektrické energie.

4.2. Elektrické vstřikovací lisy

U těchto typů strojů jsou všechny funkce poháněny asynchronními motory s frekvenčními měniči, nebo, dnes již zřídka, servomotory. Firma Engel uvedla svůj první plně elektrický stroj před 10 lety na veletrhu K'98

4.3. Porovnání elektrického a hydraulického stroje

4.3.1. konstrukčně

Porovnat konstrukční rozdíly je poměrně snadné, protože jsou patrné na první pohled, pokud víte, na co se podívat. Například při montáži vstřikovacích lisů Negri Bossi je z konstrukčního hlediska rozdíl mezi těmito stroji v podstatě minimalizován tím, že se používají pokud je to možné, stejné součásti. Stroje jsou do určité části výroby „neurčité“, dokud se nenamontuje vyrážecí, který je pro každý stroj jiný. Vyrážení je u hydraulického stroje realizováno dvěma písty. U elektrického stroje je zde motor s kuličkovým šroubem, jehož pohyb je na píst přenášen pákovým mechanismem. Nakonec je pochopitelně u elektrického stroje větší elektrický rozváděč, na stroji nejsou hadice na rozvod tlakového oleje, pouze rozvod chlazení formy a všechny písty jsou nahrazeny asynchronními motory.

4.3.2. funkčně

Porovnávat pohon elektrického a hydraulického stroje lze z několika pohledů. Zatímco u hydraulického stroje stačí jako pohon pro celý stroj jeden silný motor s čerpadlem, u elektrického stroje je pro každý posuv potřeba minimálně jeden motor s kuličkovým šroubem. V podstatě musíme nahradit všechny písty hydraulického stroje, což je samozřejmě dražší (cena kuličkového šroubu je několikanásobně větší než cena hydraulického pístu), ale hlavní výhodou plně elektrických lisů je zejména preciznost stroje a téměř 100% reprodukovatelnost parametrů díky přesným servoosám. Elektrické pohony kromě toho umožňují paralelní pohyby všech částí stroje. To je umožněno vlastními pohony pro každou z pohybových částí stroje. Plně elektrické stroje jsou díky nižším emisím hluku a rizika znečištění olejem, výhodné pro uživatele v oblastech, kde jsou kladeny vysoké požadavky na čistotu životního prostředí. Další výhodou těchto strojů je menší spotřeba elektrické energie, nižší náklady na chlazení a zároveň na udržení přijatelného klimatu na pracovišti. Pro porovnání uveďme, že plně elektrický stroj vyžaduje pro zpracování 1 kg hmoty cca 0,5 kWh, hydraulický zhruba 1 kWh. Z uvedených faktů je patrné, že s plně elektrickým vstřikovacím lisem korespondují svou funkčností rychloběžné hydraulické lisy s akumulátorem. Tím je určena oblast použití plně elektrických strojů - jsou vhodné pro výrobu výlisků, kde je potřeba velmi vysokou

vstřikovací rychlostí a tlakem dopravit taveninu do dutiny formy a zaručit tak přesnost výlisku. Zajímavé je i cenové srovnání těchto strojů. Cena rychloběžného hydraulického stroje je srovnatelná s plně elektrickým vstřikovacím lisem.

4.3.3. číselně

Pro porovnání čísel jsem vybral dva stejně velké stroje firmy Negri Bossi. Jako reprezentanta hydraulických strojů jsem zvolil relativně malý stroj, V 160 z řady Canbio. K němu jsem pro srovnání vybral stroj stejně velký, VE160 z řady Canbel.

		V 160	VE 160
Vstřikovací jednotka	Označení vstřikovací jednotky	610	720
	Průměr šneku [mm]	40 – 52	40 – 45
	Teoretický vstřikový objem [cm ³]	285 – 480	285 – 360
	Gramáž vstřiku [g]	260 – 440	260 – 330
	Kapacita plastifikační jednotky [g/s]	28 – 50	28 – 40
	Kapacita vstřiku do volného prostoru [cm ³ /s]	129 – 220	185 – 235
	Maximální vstřikovací tlak [bar]	2100 -1300	2100 -1700
	Otáčky šneku [ot/min]	320	320
	Krouticí moment [Nm]	800	1088
	Přísunová síla [kN]	59-66	50
Uzavírací jednotka	Uzavírací síla [t, kN]	1600	1600
	Přidržovací síla [t, kN]	1800	1800
	Maximální zdvih pohyblivé desky [mm]	460	460
	Výška formy [mm]	170 – 550	170 – 550
	Vnější rozměr upínacích desek [mm]	780 x 730	780 x 730
	Průchod mezi sloupy [mm]	510 x 450	510 x 450
	Vyrážecí síla [t, kN]	45	40
	Zdvih vyrážení [mm]	200	200
	Rychlost vyrážече [úderů/min]	45	45
Ostatní	Příkon motoru čerpadla [kW]	18	–
	Rozměry stroje (D × Š × V) [mm]	5720x1465x2150	5720x1420x2170
	Celková hmotnost stroje [kg]	6150	6700

Z těchto čísel lze vyčíst veliký rozdíl ve vstřikovacích jednotkách těchto strojů a naopak až na vyrážecí sílu stejné vlastnosti uzavírací jednotky. Z toho můžeme pochopit, že každý stroj se hodí ke zpracování jiných materiálů, popřípadě jiných výrobků. Rozměry strojů se liší nepatrně, protože stroje jsou postaveny na stejných základnách. Stroje se na uzavírací jednotce liší pouze v náhradě pístu motorem. Největší rozdíl je na vyrážecím zařízení.

5. Porovnání strojů několika výrobců

V následujícím textu se pokusím přiblížit nabídku strojů několika různých výrobců. Zjistil jsem, že vstřikovací stroje dnes vyrábí obrovské množství firem. I proto se snažím zaznamenat ty známější a nejdůležitější. Bohužel se mi nepodařilo získat informace o čínských výrobcích, kteří mají v plastikařském průmyslu poměrně významné zastoupení a to hlavně mezi levnějšími stroji. Setkal jsem se s nimi pouze na veletrhu Plastex.

5.1. Arburg (Německo)



Stroje této firmy vycházejí z klasického stroje, ale k vedení pohyblivé desky je zde použito lineárních ložisek. Ty by měly zajišťovat větší přesnost přímého pohybu pohyblivé desky. Navíc mají v nabídce stroje se dvěma vodícími tyčemi, vertikální stroje a stroje s několika vstřikovacími jednotkami a to až čtyřmi. Zajímavostí je sklopný stroj Allrounder C. Tento stroj umožňuje sklápat lis i vstřikovací jednotku do horizontální nebo vertikální polohy. Dokonce je zde možnost osmi kombinací tohoto nastavení. Dále firma nabízí systém Vario. Tento systém firma nabízí od roku 1989 a umožňuje volně horizontálně pohybovat vstřikovací jednotkou. To znamená, že pozice vstřikovací jednotky není centrálně fixovaná, ale její pozice může být volně excentrická. Základní pozice jednotky v horizontálním směru je neměnná. Arburg dále vyrábí roboty a sběrače (jednodušší roboty).

Stroje mají uzavírací sílu v rozsahu od 12,5 do 500 tun a jsou vyráběny v sedmi řadách strojů:

- **Allrounder A** 50 – 200 tun, elektrické stroje
- **Allrounder S** 12,5 – 500 tun, hydraulické stroje, Vario, mikrovstřikování a vstřikování práškových materiálů (kov a keramika)
- **Allrounder C** 30 – 220 tun, hydraulické stroje, Vario, sklopný stroj
- **Golden Edition** 40 – 460 tun, hydraulické stroje
- **Allrounder V** 12,5 – 25 tun, hydraulické stroje, vertikální lis, horizontální vstřikovací jednotka
- **Allrounder T** 40 – 200 tun, hydraulické vertikální stroje s otočným stolem
- **Allrounder K** 25, 35 tun, , dvě vodící tyče

Obr 7.: Arburg



Stroje firmy Arburg s 2, 3 a 4 vstřikovacími jednotkami

5.2. Babyplast (Itálie)



Babyplast je další zajímavostí ve výrobě plastů. Tento stroj se vejde v podstatě na psací stůl a je asi nejmenším strojem na světě. Babyplast je uzpůsoben k výrobě malých a přesných součástí od 0,01 g. do 15 g. Stroj je hydraulický a je vyráběn ve dvou verzích a to horizontální a vertikální. Ke vstřikovací jednotce bych ještě zmínil, že se jedná o jedinou na trhu, která k plastifikaci nepoužívá šnek, ale dva písty. Babyplast také nabízí již zmíněnou přídatnou vstřikovací jednotku.

Tato firma vyrábí pouze jeden stroj ve dvou verzích

- 6/10P 6 tun, hydraulický, horizontální
- 6/10VP 6 tun, hydraulický, vertikální

5.3. Battenfeld (Rakousko)



Firma Battenfeld mě zaujala svým širokým spektrem vyráběných strojů. Vyrábí od malých strojů, které jsou vedeny jen dvěma vodícími tyčemi, až po velké stroje. Stroje jsou horizontální i vertikální. Také používá k vedení pohyblivé desky jak vodící tyče a planžety, tak i lineární vedení. Dále vyrábí stroje, které mají klasický pákový mechanismus, ale i stroje bez něj, a to v provedeních elektrickém i hydraulickém. Snad na každý výrobek, který Vás napadne, má tato firma řešení.

Stroje jsou v rozsahu od 35 do 650 tun a to v pěti základních řadách strojů:

- **Hydraulic** 35 – 650 tun, hydraulické stroje, u nejmenších strojů 2 vodící tyče, u větších 4, stroje se dvěma deskami, pohyblivá jezdí po lineárních ložiskách
- **Toggle** 100 – 450 tun, hydraulické stroje se třemi deskami, pohyblivá jezdí po planžetách
- **Elektric** 30 – 180 tun, elektrické stroje, tři desky
- **Vertical** 40 – 270 tun, hydraulické a vertikální stroje, vstřikovací jednotky jsou jak horizontální tak i vertikální.
- **Multicomponent** 45 – 650 tun, hydraulické stroje, vícekomponentní vstřikování

Obr 8.: Battenfeld



Stroje firmy battenfeld 2 tyče, lineární vedení a planžety

5.4. Demag (Německo)



Firma Demag se také zabývá výrobou klasických horizontálních lisů v hydraulickém i elektrickém provedení. Její sortiment je rozšířen o stroje na výrobu výcekomponentních součástí. Stroje jsou opět se čtyřmi vodícími tyčemi a pohyblivá deska je vedena po planžetách, pouze u menších strojů je vedena lineárními ložisky. Pákový mechanismus je nahrazen pístem. Za zmínku stojí otočná forma, používaná u vícekomponentních strojů, která se používá k překlopení formy před dalším vstřikovacím krokem. I tato firma se zabývá výrobou robotů.

Stroje mají uzavírací sílu v rozsahu od 50 do 2000 tun a to v osmi řadách strojů:

- **Pink line** levné hydraulické stroje
- **Systec** 50 – 120 tun, hydraulické stroje
- **Large systém** 500 – 2000 tun, hydraulické stroje
- **IntElect** 50 – 200 tun, elektrické stroje
- **El – exis** 100 – 700 tun, elektrické stroje
- **Multi** 50 – 1300 tun, hydraulické stroje, až 4 vstřikovací jednotky
- **Dragon** hydraulické stroje pro čínský trh
- **Santosh** 40 – 650 tun, stroj pro Asii

Obr 9.: Demag



Otočná forma obrázek stroje firmy Demag

5.5. Engel (Rakousko)



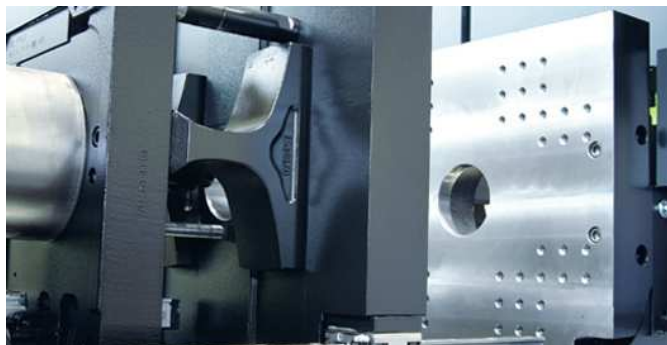
Firma Engel přišla, jak jsem již zmiňoval, v roce 1990 s dalším unikátním řešením. Odstranili ze stroje vodící tyče, což umožňuje použití větší formy. U klasických strojů se pro vložení větší formy nebo vyjmutí většího výrobku používá vysunutí jedné z tyčí. To může být řešeno ručně nebo automaticky, ale vždy je to samozřejmě zdlouhavější. Na druhou stranu bez vodících tyčí není zajištěna přesná pozice dosednutí formy. Dalším problémem tohoto řešení je prohnutí pohyblivé desky. To by mohlo mít za následek zničení formy. Toto řešení je limitováno velikostí stroje, u větších strojů to není možné. Proto má také firma Engel v nabídce i stroje s vodícími tyčemi. Dále tato firma nabízí stroje vertikální. K těmto strojům je nabízen i otočný, nebo kyvadlový stůl. Zatímco na jedné části stolu je vstřikován plast můžeme na druhé připravovat části k zalití. Samozřejmě i firma Engel nabízí roboty a to včetně širokého příslušenství.

Stroje jsou v rozsahu od 25 do 5500 tun a to v osmi řadách strojů:

- **Victori** 28 – 600 tun, hydraulické stroje, bez vodících tyčí
- **E-motion** 55 – 280 tun, elektrické stroje verze s i bez vodících tyčí

- **E-max** elektrické stroje
- **Duo** 650 – 5500 tun, hydraulické stroje
- **Speed** stroje určeny pro výrobu tenkostěnných výrobků, vynikající především svojí rychlostí
- **Insert** 25 – 300 tun, stroje s vertikálním lisem, určené na výrobu součástí s vložkami z jiných materiálů (např. zásuvek apod.), dvoudílný otočný, nebo kyvadlový stůl
- **Elast** 25 – 800 tun, horizontální i vertikální, pro odlévání gumy
- **LIM** 30 – 600 tun, pro odlévání silikonu

Obr 10.: Engel



Ukázka stroje bez vodících tyčí firmy engel

5.6. Fanuc (Japonsko)

FANUC

Fanuc je japonská firma. Je to jedna z mála firem, která se nezabývá pouze výrobou strojů na plasty. Naopak její hlavní náplní jsou roboty a CNC stroje, proto je také jejich nabídka lisů poněkud slabší. Na jejich stránkách je hrdě napsáno, že se jedná o stroje 21. století. Jméno série vstřikovacích lisů je Roboshot. Jedná se o elektrické stroje určené pro přesné výlisky. Stroje jsou vyráběny v různých velikostech.

Stroje jsou v rozsahu od 5 to 300 tun a to pouze v jedné výrobní řadě Roboshot, tyto stroje jsou horizontální a celoelektrické.

5.7. Invera (Česká republika)

INVERA

Invera je česká firma, které se zabývá, mimo výroby klasických strojů, také stroji na zpracování gumy a silikonu. V nabídce této firmy je i nabídka repasování starších strojů, které i odkupuje. Nové stroje, pocházející od této firmy, jsou jak horizontální, tak i vertikální. U strojů na gumu vulkanizační a speciální vstřikovací lisy na vosk a silikon. Voskové odlitky slouží k výrobě forem na přesné odlévání (vytavovací model). Tato firma nevyrábí stroje elektrické, ale má v nabídce elektrické stroje značky Toshiba, pro doplnění sortimentu.

Stroje jsou v rozsahu od 15 do 3000 tun a to ve třech základních řadách strojů:

- **Intec** - horizontal 60 – 3000 tun, hydraulické stroje
- vertical 150 – 350 tun, hydraulické stroje
- **Inrub** - vertical 100 – 500 tun, hydraulické stroje
- vulkanizační 65 – 500 tun, hydraulické stroje
- **Indol** - na tuhý silikon 60 – 500 tun, hydraulické stroje
- na tekutý silikon 50 tun, hydraulické stroje, horizontální
15 – 250 tun, hydraulické stroje, vertikální
- **Jednouúčelové stroje** vosk, plasty s adaptérem, karusely

5.8. Krauss Maffei (Německo)



Kraus Maffei je jediná firma na trhu s kvalifikací ve všech třech hlavních strojních technologiích plastové výroby. Konkrétně je to vstřikování, zpětné protlačování a protahování. Dále se budu zabývat pouze vstřikováním, což je mimochodem největší část výroby této firmy. Firma patří ke světové špičce a je známa hlavně svými velkými stroji, které jsou nejrychlejší na trhu. Stroje jsou opět hydraulické, hybridní i celoelektrické. Tato firma je zajímavá hlavně svým řešením uzavírání hybridních strojů řady Ex, kde je uzavírání řešeno ozubenými koly v ramenech pákového mechanismu. Krauss Maffei se zabývá řešeními hlavně pro automobilový průmysl, což je dnes největší spotřebitel plastových produktů a dále obalovými, elektrickými a elektronickými a zdravotnickými pomůckami a díly. Samozřejmě že i tato firma se zabývá výrobou robotů.

Stroje jsou v rozsahu od 35 do 4000 tun a to v pěti řadách strojů:

- **Cx** 35 – 650 tun, hydraulické stroje
- **C3-AP** 140 – 600 tun, elektrické stroje
- **CX clasix** nejstandardnější stroje
- **Ex** 50 – 160 tun, elektrické stroje
- **Mx** 800 – 4000 tun hybridní stroje

5.9. Negri Bossi (Itálie)



Firma Negri Bossi je výrobcem převážně klasických horizontálních strojů, které jsou v podstatě všechny stejné (řady Canbel, Canbio a Vector), jen se mění velikost a pohon. Vodicí tyče jsou na čelní desce pevně ukotveny, na zadní desce jsou pohybové šrouby, které zajišťují vzdálenost čel lisu v uzavřeném stavu (velikost formy). Střední nebo také pohyblivá deska se pohybuje po těchto tyčích a je podepřena na planžetách. Tento systém je levnější, než při použití lineárních ložisek a pro běžné použití plně dostačující. U větších elektrických strojů je možné použití hydraulického vyrážače, pravděpodobně kvůli snížení ceny. Největší stroje (řada Bi-power) jsou jiné, používají pouze dvě desky, čelní a pohyblivou. Dále tato firma nabízí stroje se dvěma vstřikovacími jednotkami a vyrábí i roboty.

Stroje mají uzavírací sílu v rozsahu od 40 do 6000 tun a to v pěti řadách strojů:

- **Canbel** 70 – 850 tun, elektrické stroje
- **Canbio** 40 – 530 tun, hydraulické stroje
- **CanBiMat** 85 – 320 tun, hydraulické stroje, dvě vstřikovací jednotky
- **Vector** 600 – 1500 tun, hydraulické stroje
- **Bi-Power** 1350 – 6000 tun, hybridní stroje, pouze dvě desky

5.10. Toshiba (Japonsko)



Japonská firma Toshiba se také zabývá mimo jiné i výrobou vstřikovacích lisů. Má poměrně širokou nabídku strojů. V nabídce nechybí stroje na tekutý silikon. Největší zajímavostí této firmy je takzvané binární vstřikování. Je to vstřikování do neúplně zavřené formy, která se následně dovře. Toshiba tvrdí, že to snižuje vnitřní pnutí a zabraňuje zkroucení součástí.

Stroje jsou v rozsahu od 5 do 3850 tun a to ve čtyřech řadách strojů:

- **Malé a střední hydraulické stroje** 242 – 1144 tun
- **AC servoelektrické stroje** 5 – 937 tun, dvoudeskové stroje
- **Velké hydraulické dvoudeskové stroje** 1430 – 3850 tun
- **Speciální stroje** binární vstřikování a vícekomponentní stroje

6. Závěr

Tato práce zaznamenává možnosti trhu vstřikovacích lisů. Poukazuje na moderní trendy ve výrobě a na velké množství zajímavostí z nabídky některých firem, které vyrábějí vstřikolisy.

Zajímavé je srovnání hydraulického a elektrického stroje a strojů jednotlivých výrobců. Při prozkoumávání webových stránek jednotlivých výrobců jsem zjistil, že některé firmy v podstatě přepracovaly hydraulický stroj na stroj elektrický a jiné zkonstruovaly úplně nový stroj.

Rok jsem byl zaměstnán na montáži vstřikolisů Negri Bossi a své poznatky z této práce jsem využil při sledování strojů jiných výrobců. Myslím si, že laik by si některých rozdílů ani nevšiml. Byl jsem překvapen některými způsoby řešení výrobců. Několik zajímavostí uvedu příkladem:

- stroj bez vodících tyčí společnosti Engel
- stavebnicové (překlápěcí) řešení společnosti Arburg
- systém Vario společnosti Arburg
- malinké stroje společnosti babyplast
- autonomní vstřikovací jednotka, kterou lze používat na kterémkoli stroji a to i na strojích jiných výrobců.

7. Seznam použitých zdrojů

- [1] <http://www.arburg.cz>
- [2] <http://www.cecho.cz>
- [3] <http://www.mmspektrum.com>
- [4] <http://www.babyplast.com>
- [5] <http://www.battenfeld-imt.com>
- [6] <http://www.dpg.com>
- [7] <http://www.engelglobal.com>
- [8] <http://www.fanuc.co.jp>
- [9] <http://www.invera.cz>
- [10] <http://www.krauss-maffei.de>
- [11] <http://www.negribossi.com>
- [12] <http://www.toshiba-machine.com>
- [13] Technický týdeník 4/2008, příloha Plasty

8. Seznam obrázků

<i>Obr 1.:</i>	Historie	- 9 -
<i>Obr 2.:</i>	Schéma vstřikolisu	- 12 -
<i>Obr 3.:</i>	Forma	- 12 -
<i>Obr 4.:</i>	Zástrčka	- 13 -
<i>Obr 5.:</i>	Vstřikovací jednotka	- 13 -
<i>Obr 6.:</i>	Řídící systémy	- 16 -
<i>Obr 7.:</i>	Arburg	- 20 -
<i>Obr 8.:</i>	Battenfeld	- 21 -
<i>Obr 9.:</i>	Demag	- 22 -
<i>Obr 10.:</i>	Engel	- 23 -